

40-011



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

①2 **Offenlegungsschrift**
①0 **DE 196 24 920 A 1**

⑤1 Int. Cl.⁸:
H 01 H 33/66

②1 Aktenzeichen: 196 24 920.1
②2 Anmeldetag: 21. 6. 96
④3 Offenlegungstag: 2. 1. 98

DE 196 24 920 A 1

⑦1 Anmelder:
Siemens AG, 80333 München, DE

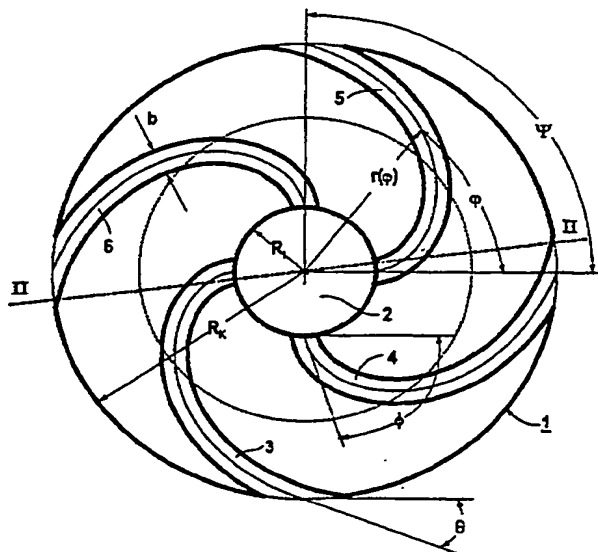
⑦2 Erfinder:
Haas, Wilfried, Dipl.-Phys., 91058 Erlangen, DE

⑤6 Entgegenhaltungen:
DE 1 95 09 714 A1
US 49 99 463

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Kontaktanordnung für Vakuumschalter

⑤7 Solche Kontaktanordnungen bestehen üblicherweise aus zwei einander gegenüberliegenden Schaltstücken (1). Zur Bildung eines Spiralkontaktes kann jedes Schaltstück (1) von einem Zentrum ausgehend nach außen verlaufende Schlitz aufweisen. Gemäß der Erfindung weisen die Konturen der Schlitz (3-8) einen variablen Radius ($r(\varphi)$) auf, dessen Fußpunkt mit dem Mittelpunkt (10) des Schaltstückes (1) mit vorgegebenem Radius (R_K) zusammenfällt. Vorzugsweise enden die Schlitz an einer in der Mitte des Schaltstückes (1) liegenden Eindrehung (2) mit vorgegebenem Radius (R_1) oder überschneiden diese geringfügig, wobei $R_1 \approx 0,25-0,33 \cdot R_K$ ist. Für die Schlitzkonturen können spezifische mathematische Funktionen angegeben werden.



DE 196 24 920 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 10. 97 702 061/281

8/22

Die Erfindung bezieht sich auf eine Kontaktanordnung für Vakuumschalter, bestehend aus zwei einander gegenüberliegenden Schaltstücken, wobei jedes Schaltstück drei bis sechs von einem Zentrum ausgehende, nach außen verlaufende Schlitze aufweist, so daß ein Spiralkontakt gebildet ist.

Vakuumschalter haben sich in letzter Zeit zunehmend durchgesetzt. Neben dem Mittelspannungsbereich werden auch Anwendungen im Hochspannungs- bzw. Niederspannungsbereich vorgeschlagen. Bei letzterem sind die Kontaktanordnungen in den Vakuumschaltröhren hauptsächlich so konzipiert, daß ein radiales Magnetfeld zur Beeinflussung des Lichtbogens entsteht.

Der bei Kurzschlußabschaltungen in Vakuumschaltröhren mit Radialmagnetfeldkontakten entstehende kontrahierte Metaldampfbogen soll sich möglichst rasch von seinem Entstehungsort im Zentralbereich der Kontakte wegbewegen. Dadurch werden lokale thermische Überlastungen der Kontaktoberflächen vermieden. Auch im weiteren zeitlichen Verlauf der Abschaltung soll eine große Wärmebeanspruchung durch ein rasches kontinuierliches Bogenlaufen in den Randzonen der Schaltstücke verhindert werden. Zudem soll die nach außen gerichtete Plasmaströmung aus dem Lichtbogen möglichst klein sein, um die Schirmbelastung niedrig zu halten.

Bei Spiralkontakten erreicht man ein solches Lichtbogenverhalten beispielsweise durch das Anbringen von Schlitzen in den Schaltstücken. Durch die Gestaltung dieser Schlitze kann in den Kontakten eine solche Richtung des Stromflusses erzwungen werden, daß das dadurch verursachte Magnetfeld bzw. die damit verknüpfte Lorentzkraft den Lichtbogen in seinem Bewegungs- und Plasma-Abströmverhalten entsprechend beeinflusst.

Bei bekannten Spiralkontakten, die in kommerziellen Vakuumschaltröhren eingesetzt werden, treten entweder beim Loslaufen des Lichtbogens oder beim nachfolgenden Umlaufen in den Kontakttrandzonen aber auch beim Übergang zwischen beiden Bewegungsphasen Schwierigkeiten auf. Außerdem kann das Kommutieren des Lichtbogens über die Schlitze hinweg erschwert sein, wenn der Betrag der antreibenden Magnetkraft zwar groß ist, aber die den Lichtbogen bewegendende Azimutalkomponente zu klein und die die Plasmaströmung auf den Schirm antreibende Radialkomponente zu groß ist. Bei diesen Beispielen verlaufen die Schlitze entweder geradlinig, oder ihre Kontur zeichnet sich durch einen konstanten Krümmungsradius aus.

Im US-Patent 4 999 463 wird eine Schlitzkontur mathematisch beschrieben, welche einen variablen Krümmungsradius besitzt, dessen Mittelpunkt nicht mit dem Schaltstückmittelpunkt zusammenfällt. Dadurch kann der Schlitz bis an die Eindrehung der Kontakte heranreichen, und so ein Verharren des Lichtbogens beim Loslaufen vermieden werden. In diesem Fall scheint aber die Radial- und Azimutalkomponenten der auf den Lichtbogen wirkenden Lorentzkraft am äußeren Ende des Spiralfügels so groß bzw. so klein zu sein, daß zum einen dessen Kommutierung erschwert ist, zum anderen die thermische Schirmbelastung zu groß wird. Außerdem wird durch den kleinen Schnittwinkel zwischen Schlitzkontur und Umfang der Eindrehung das Loslaufen des Lichtbogens erschwert.

Aufgabe der Erfindung ist es demgegenüber, die Spiralkontakte in ihrem Wirkungsgrad weiter zu verbessern. Die Aufgabe ist erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die Konturen der Schlitze einen variablen Radius aufweist, dessen Fußpunkt mit dem Mittelpunkt des Kontaktstückes mit vorgegebenem Radius (R_K) zusammenfällt. Vorzugsweise enden die Schlitze an einer in der Mitte des Schaltstückes liegende Eindrehung mit vorgegebenem Radius (R_1) oder überschneiden diese geringfügig, wobei $R_1 = 0,25 - 0,33 R_K$ ist. Insbesondere können die Schlitze vor der Eindrehung in einer kreisförmigen Bohrung enden.

Mit der Erfindung sind Schaltstücke mit drei bis sechs, vorzugsweise mit vier Schlitzen, so gestaltet, daß die auf den Lichtbogen wirkende Magnetkraft sowohl in den zentralen als auch in den peripheren Kontaktbereichen ein optimales Verhalten aufweist. Damit ist gegenüber dem Stand der Technik eine beachtliche Verbesserung bewirkt.

Weitere Einzelheiten und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Figurenbeschreibung von Ausführungsbeispielen anhand der Zeichnung. Es zeigen

Fig. 1 die Draufsicht auf einen neuen Spiralkontakt als Teil der erfindungsgemäßen Kontaktanordnung,

Fig. 2 einen Schnitt durch Fig. 1 längs der Linie II-II,

Fig. 3 verschiedene Varianten der Schlitzkonturführung,

Fig. 4 einen Spiralkontakt mit vier Schlitzen, die vor der Eindrehung in Kreisbohrungen enden, und

Fig. 5 einen solchen Spiralkontakt mit sechs Schlitzen.

Die Figuren werden teilweise gemeinsam beschrieben. Gleiche und gleich wirkende Teile haben in den Figuren gleiche Bezugszeichen.

In Fig. 1 und Fig. 2 bedeuten 1 ein Schaltstück, das Teil einer Kontaktanordnung für einen Vakuumschalter ist und dazu in einer zugehörigen Schaltröhre angeordnet wird. Das Schaltstück 1 ist kreissymmetrisch ausgebildet und hat im Zentrum eine Eindrehung 2. Von der Eindrehung 2 ausgehend sind in Fig. 1 vier Schlitze 3 bis 6 ersichtlich, die jeweils spiralförmig verlaufen und das Schaltstück zu einem Spiralkontakt definieren.

Werden zwei solcher Spiralkontakte einander gegenüber gestellt, entsteht durch den Stromfluß ein radiales Magnetfeld, das einen kontrahierten Lichtbogen in eine azimutale, durch die Geometrie des Spiralkontaktes vorgegebene Bewegung versetzt.

Statt vier Schlitze können ebenso gut sechs Schlitze vorhanden sein. Für die Praxis kann es sich empfehlen wie in Fig. 4 und 5 dargestellt, daß die Schlitze 3 bis 6 bzw. 3 bis 8 vor der zentralen Eindrehung 2 in kreisförmigen Bohrungen 13 bis 16 bzw. 13 bis 18 enden.

Wesentlich ist die geometrische Ausbildung der Schlitze 3 bis 6 bzw. 3 bis 8. Bezüglich eines Polarkoordinatensystems, dessen Ursprung mit dem Kontaktmittelpunkt zusammenfällt, weisen solche Schlitze einen variablen Radius $r(\varphi)$ auf, dessen Mittelpunkt mit dem Kontaktmittelpunkt zusammenfällt. Die Schlitze 3 bis 8 enden an der in der Mitte der Schaltstücke liegende sog. Eindrehung mit dem Radius R_1 oder überschneiden diese geringfügig. Mit R_K als Kontaktradius gilt

$$R_I \leq r(\varphi) \leq R_K \text{ und } R_I = 0,25 \dots 0,33 \cdot R_K \quad (1)$$

Die im Bogenmaß angegebene Länge der Schlitzes liegt typischerweise bei

$$\Psi = \frac{5}{12} \dots \frac{2}{3} \pi \quad (2)$$

Die Breite b der Schlitzes beträgt etwa 4—10% des Kontaktdurchmessers $D = 2 \cdot R_K$, d. h.

$$b = 0,04 \dots 0,1 \cdot D \quad (3)$$

Ein rasches Loslaufen und Kommutieren des Lichtbogens wird durch Schlitzkonturen erreicht, die die Eindrehung unter einem möglichst großen Winkel

$$\phi > \frac{\pi}{3} \quad (4)$$

schneiden und den Umfang des Kontaktes unter einem möglichst kleinen

$$\theta < \frac{\pi}{6} \quad (5)$$

Magnetfelder, die die Lichtbogenbewegung in ihrer Gesamtphase günstig beeinflussen, werden beispielsweise durch solche Schlitzkonturen erreicht, die in fünf Fällen analytisch beschrieben werden:

1. Fall

$$r_1(\varphi) = R_I + (R_K - R_I) * \left[\frac{\cosh(a_1 \cdot \varphi) - 1}{\cosh(a_1 \cdot \Psi) - 1} \right]^{f_1} \text{ mit } a_1 = 1 \text{ und } f_1 = 0,30 \quad (6.1)$$

2. Fall

$$r_2(\varphi) = R_I + (R_K - R_I) * \left[\frac{\sinh(a_2 \cdot \varphi)}{\sinh(a_2 \cdot \Psi)} \right]^{f_2} \text{ mit } a_2 = 1 \text{ und } f_2 = 0,50 \quad (6.2)$$

3. Fall

$$r_3(\varphi) = R_I + (R_K - R_I) * \left[\frac{1 - \cos(a_3 \cdot \varphi)}{1 - \cos(a_3 \cdot \Psi)} \right]^{f_3} \text{ mit } a_3 = 1, \quad f_3 = 0,38 \quad (6.3)$$

4. Fall

$$r_4(\varphi) = R_I + (R_K - R_I) * \left[\frac{\sin(a_4 \cdot \varphi)}{\sin(a_4 \cdot \Psi)} \right]^{f_4} \text{ mit } a_4 = 0,5, \quad f_4 = 0,75 \quad (6.4)$$

$$r_s(\varphi) = R_I + (R_K - R_I) \cdot \left[\frac{\varphi}{\Psi} \right]^{f_s} \quad \text{mit} \quad f_s = 0.67 \quad (6.5)$$

Für eine Feinabstimmung der Kontur der Schlitz 3 bis 8 hinsichtlich des Magnetfeldes oder auch aus fertigungstechnischen Gründen können die Formfaktoren a und f innerhalb bestimmter Grenzen variiert werden. Dabei hat eine Verkleinerung des Parameters a selbst um den Faktor 100 in allen Fällen nur einen sehr geringen Einfluß auf die Schlitzkontur.

Dagegen ist die Vergrößerung in den ersten beiden Fällen auf 100 bzw. 50%, in den restlichen Fällen auf 75% beschränkt, wenn die Kontaktschlitzung in der Praxis realisierbar sein soll.

Im Rahmen einer sinnvollen Auslegung der Kontakte ist die Änderung des Parameters f nach oben und unten auf den Faktor 2 beschränkt.

Fig. 3 zeigt die sich in den angegebenen fünf Fällen ergebenden Schlitzkonturen zusammen mit den Grenzen, innerhalb der sie sich bei den angegebenen Variationen von a und f ändern können. Ganz entsprechend sind auch andere mathematische Beschreibungen der hier angegebenen Schlitzkonturen oder solcher, die nur geringfügig davon abweichen möglich. Dies ist z. B. durch Reihenentwicklungen oder Linearkombinationen der hier angegebenen Beziehungen, aber auch Verknüpfung der bei den Fällen 1 bis 5 in eckiger Klammer stehenden Ausdrücke gemäß

$$r(\varphi) = R_I + (R_K - R_I) \cdot \left[\gamma_1 \frac{\cosh(a_1 \varphi) - 1}{\cosh(a_1 \Psi) - 1} + \gamma_2 \frac{\sinh(a_2 \varphi)}{\sinh(a_2 \Psi)} + \gamma_3 \frac{1 - \cos(a_3 \varphi)}{1 - \cos(a_3 \Psi)} + \gamma_4 \frac{\sin(a_4 \varphi)}{\sin(a_4 \Psi)} + \gamma_5 \left(\frac{\varphi}{\Psi} \right)^{f_s} \right]$$

mit $\sum \gamma_i = 1$ und $0,01 < a_i < 1$

sowie $0,2 < f < 0,75$

(6.6)

möglich. Gemeinsames Merkmal sind dabei die Eigenschaften nach 6.1—6.5 und die Tatsache, daß der Fußpunkt des Radius der Schlitzkontur mit dem Kontaktmittelpunkt zusammenfällt.

Da beim Fräsen der Kontaktschlitz 3 bis 8 in der Nähe der Eindrehung, wegen des hier vorkommenden kleinen Krümmungsradius, aus maschinentechnischen Gründen Schwierigkeiten auftreten können, kann gemäß Fig. 4 der Schlitz in diesem Bereich durch eine Bohrung 13 bis 18 mit dem Durchmesser d ersetzt werden. Die Bohrungen 13 bis 18 sollten die Eindrehung entweder berühren oder geringfügig überlappen. Der Durchmesser ist sinnvollerweise nach oben gemäß

$$d \leq 3 \cdot b \quad (7)$$

begrenzt.

Die Entfernung e des Mittelpunktes dieser Bohrung von der Schlitzkontur liegt im Bereich

$$0 \leq e \leq \frac{d - b}{2} \quad (8)$$

Anlage 5 zeigt ein Beispiel für Bohrungen, deren Mittelpunkte nicht auf der Schlitzkontur liegen.

Es ist möglich, die in Fig. 4 aufgeführten scharfen Kanten bei den Übergängen Flügel-Schlitz oder Bohrung-Schlitz ebenso wie Flügelspitzen durch Rundungen mit einem Krümmungsradius

$$R_S = 0.25 \dots 1.0 \cdot b \quad (9)$$

zu ersetzen, wenn die Wiedertzündungswahrscheinlichkeit reduziert werden muß.

Patentansprüche

1. Kontakthanordnung für Vakuumschalter, bestehend aus zwei einander gegenüberliegenden Schaltstücken, wobei jedes Schaltstück drei bis sechs von einem Zentrum ausgehende nach außen verlaufende Schlitz aufweist, so daß ein Spiralkontakt gebildet ist, dadurch gekennzeichnet, daß die Konturen der Schlitz (3 bis 8) einen variablen Radius ($r(\varphi)$) aufweisen, dessen Fußpunkt mit dem Mittelpunkt (10) des Schaltstückes (1) mit vorgegebenem Radius (R_K) zusammenfällt.

2. Kontakthanordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Schlitz (3—8) an einer in der Mitte des Schaltstückes (1) liegende sogenannte Eindrehung (2) mit vorgegebenem Radius (R_I) enden oder

diese geringfügig überschneiden, wobei $R_I \approx 0,25 \dots 0,33 \cdot R_K$ ist.

3. Kontaktnanordnung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Schlitz (3—8) vor der Eindrehung (2) in kreisförmigen Bohrungen (13—18) enden.

4. Kontaktnanordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß für den Radius ($r(\varphi)$) der Schlitzkonturen gilt:

$$R_I \leq r(\varphi) \leq R_K.$$

5. Kontaktnanordnung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Schlitzkontur durch folgende Beziehung beschrieben wird:

$$r(\varphi) = R_I + (R_K - R_I) * \left[\frac{\cosh(a_1 \cdot \varphi) - 1}{\cosh(a_1 \cdot \Psi) - 1} \right]^{f_1} \quad \text{mit } 0,01 < a_1 < 2 \text{ und } 0,15 < f_1 < 0,6$$

6. Kontaktnanordnung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß $\alpha_1 = 1$ und $f_1 = 0,30$ ist.

7. Kontaktnanordnung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Schlitzkontur durch folgende Beziehung beschrieben wird:

$$r(\varphi) = R_I + (R_K - R_I) * \left[\frac{\sinh(a_2 \cdot \varphi)}{\sinh(a_2 \cdot \Psi)} \right]^{f_2} \quad \text{mit } 0,01 < a_2 < 1,5 \text{ und } 0,25 < f_2 < 1$$

8. Kontaktnanordnung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß $\alpha_2 = 1$ und $f_2 = 0,50$ ist.

9. Kontaktnanordnung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Schlitzkontur durch folgende Beziehung beschrieben wird:

$$r(\varphi) = R_I + (R_K - R_I) * \left[\frac{1 - \cos(a_3 \cdot \varphi)}{1 - \cos(a_3 \cdot \Psi)} \right]^{f_3} \quad \text{mit } 0,01 < a_3 < 1,75 \text{ und } 0,19 < f_3 < 0,76$$

10. Kontaktnanordnung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß $\alpha_3 = 1$ und $f_3 = 0,38$ ist.

11. Kontaktnanordnung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Schlitzkontur durch folgende Beziehung beschrieben wird:

$$r(\varphi) = R_I + (R_K - R_I) * \left[\frac{\sin(a_4 \cdot \varphi)}{\sin(a_4 \cdot \Psi)} \right]^{f_4} \quad \text{mit } 0,01 < a_4 < 0,88 \text{ und } 0,37 < f_4 < 1,5$$

12. Kontaktnanordnung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß $\alpha_4 = 0,5$ und $f_4 = 0,75$ ist.

13. Kontaktnanordnung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Schlitzkontur durch folgende Beziehung beschrieben wird:

$$r(\varphi) = R_I + (R_K - R_I) * \left[\frac{\varphi}{\Psi} \right]^{f_5} \quad \text{mit } 0,34 < f_5 < 1,35$$

14. Kontaktnanordnung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß $f_5 = 0,67$ ist.

15. Kontaktnanordnung nach einem der Ansprüche 5 bis 9, gekennzeichnet durch Linearkombinationen und/oder Reihenentwicklungen der angegebenen Beziehungen.

16. Kontaktnanordnung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Schlitzkontur durch folgende Beziehung beschrieben wird:

$$r(\varphi) = R_I + (R_K - R_I) \cdot \left[\gamma_1 \frac{\cosh(a_1 \varphi) - 1}{\cosh(a_1 \Psi) - 1} + \gamma_2 \frac{\sinh(a_2 \varphi)}{\sinh(a_2 \Psi)} + \gamma_3 \frac{1 - \cos(a_3 \varphi)}{1 - \cos(a_3 \Psi)} + \gamma_4 \frac{\sin(a_4 \varphi)}{\sin(a_4 \Psi)} + \gamma_5 \left(\frac{\varphi}{\Psi} \right) \right]^f$$

mit $\sum \gamma_v = 1$ und $0.01 < a < 1$ sowie $0.2 < f < 0.75$

17. Kontaktanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Breite (b) der Schlitz (3—8) kleiner als 1/10 des Durchmessers (D) ist.

18. Kontaktanordnung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß für die Breite (b) der Schlitz (3—8) gilt:

$$0,04 D \leq b \leq 0,1 D.$$

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

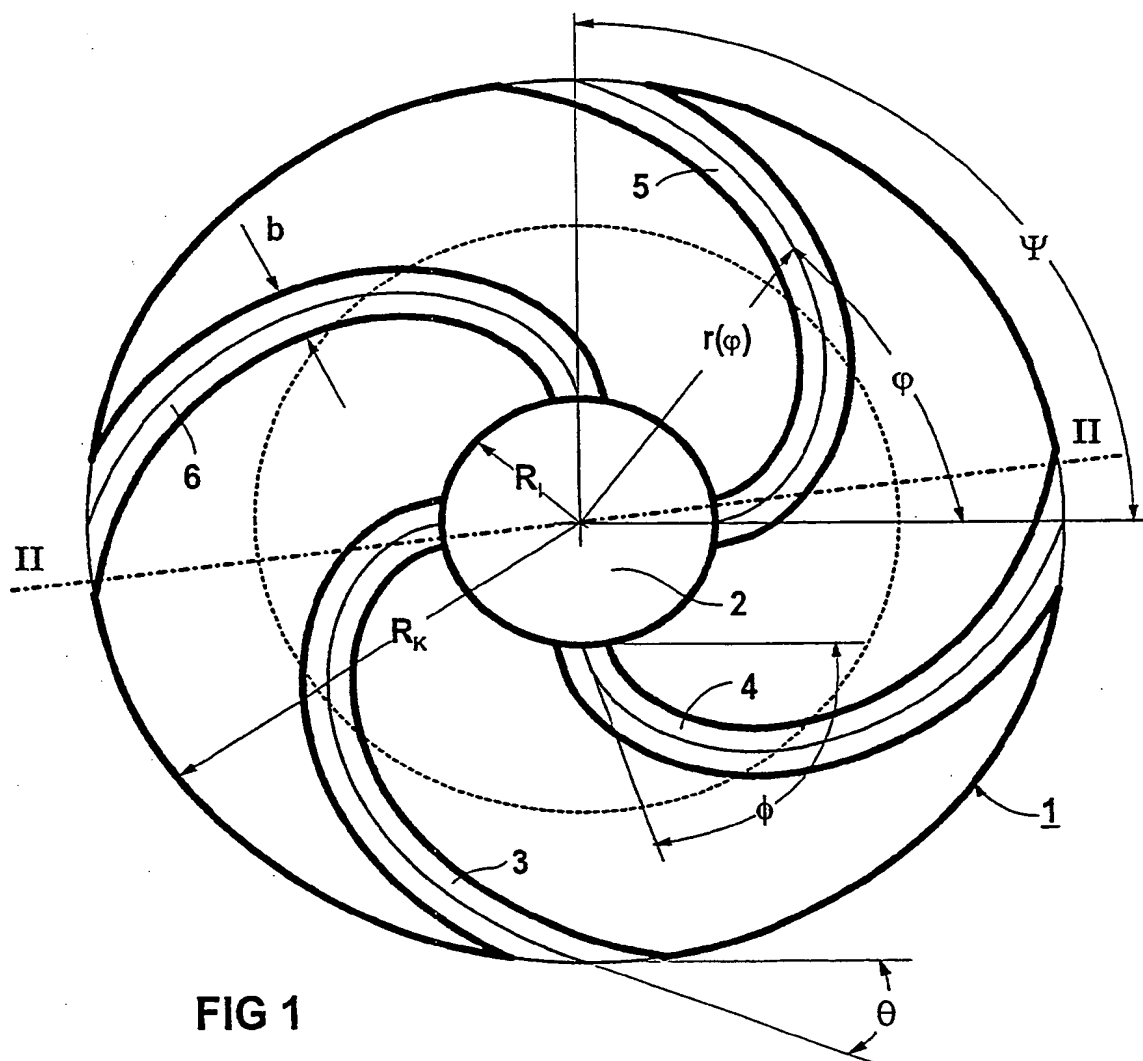


FIG 1

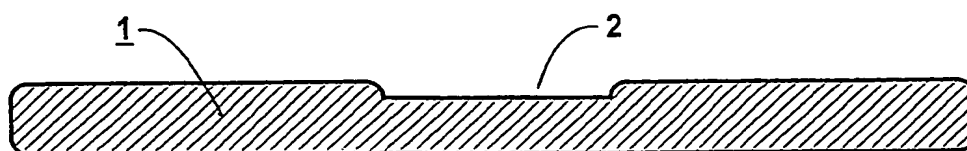


FIG 2

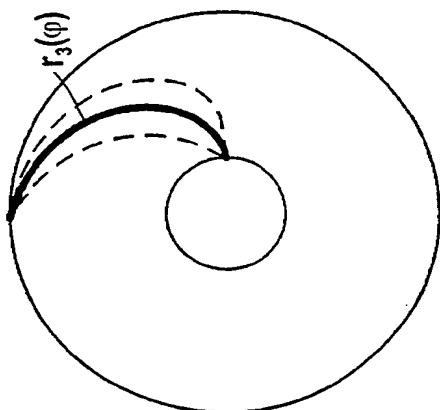


FIG 3c

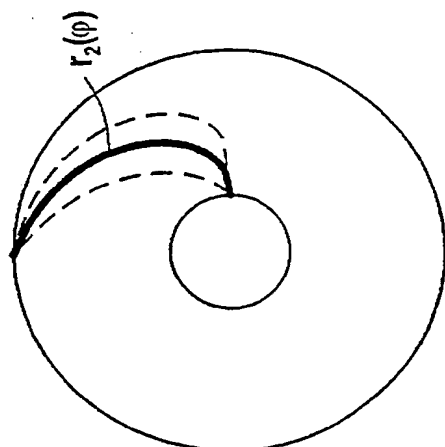


FIG 3b

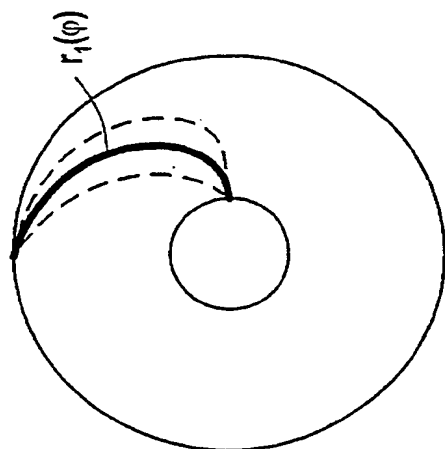


FIG 3a

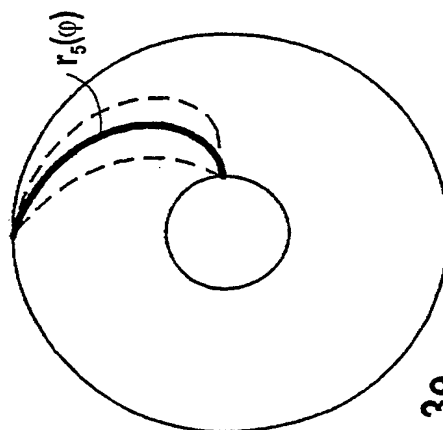


FIG 3e

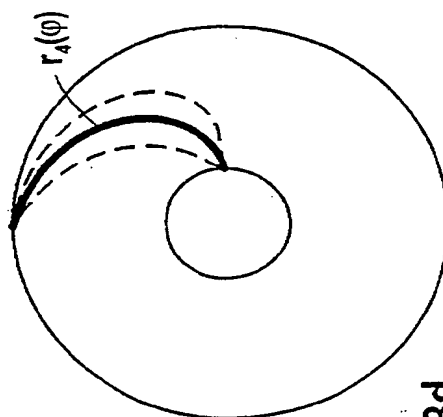


FIG 3d

FIG 3

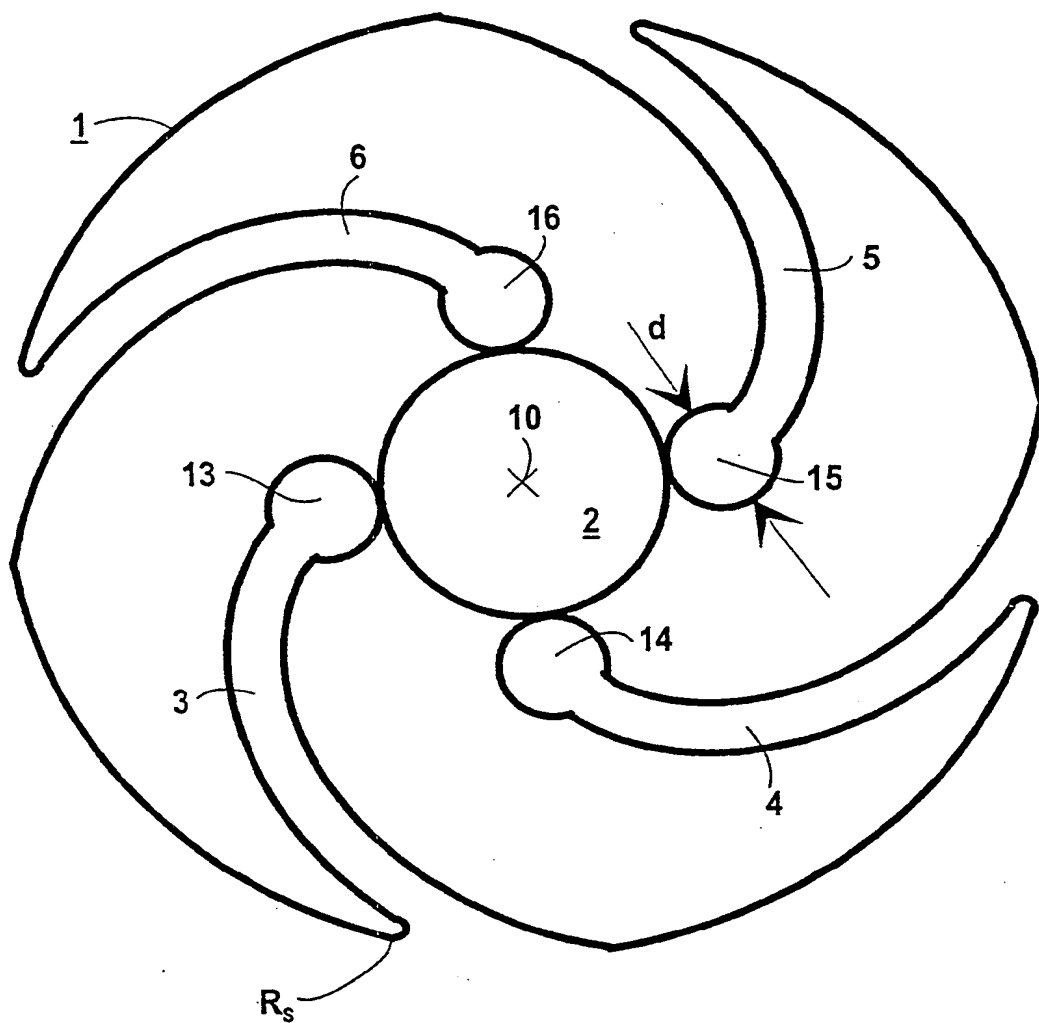


FIG 4

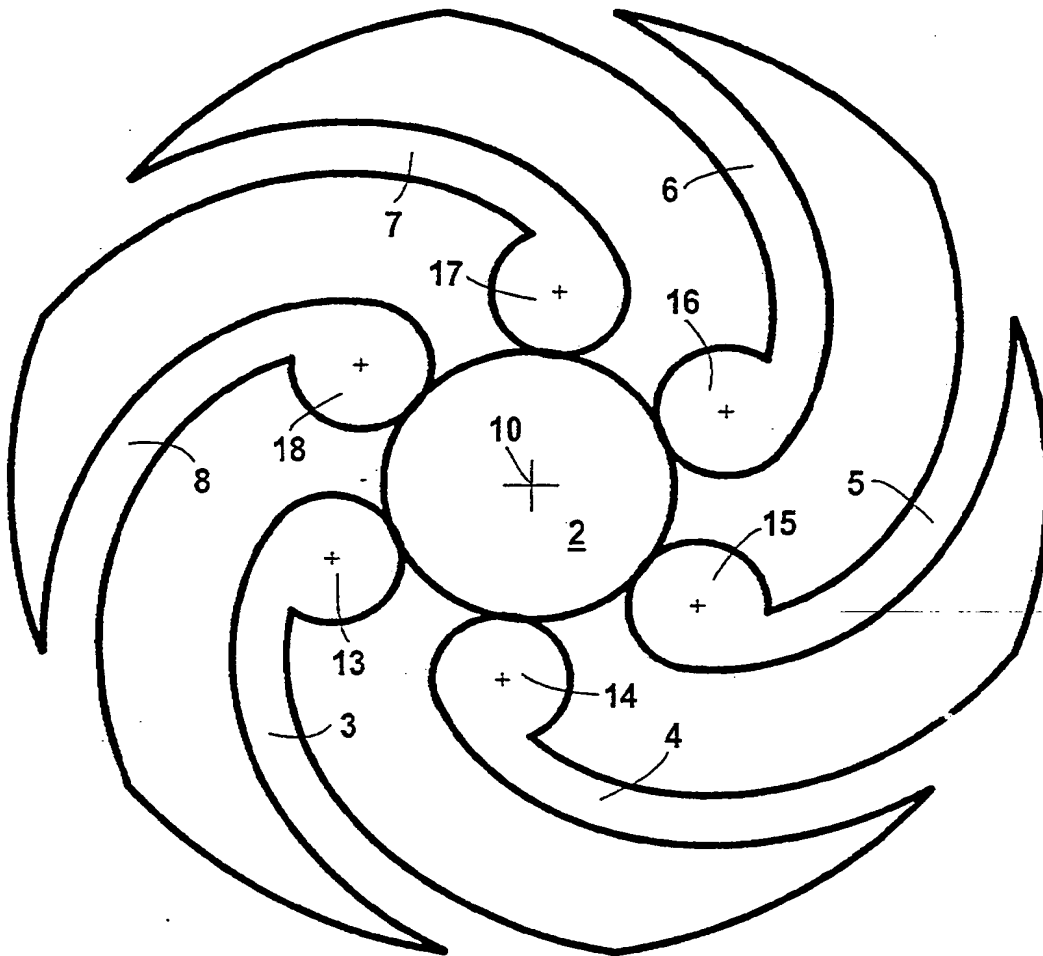


FIG 5